

Soutenance de Thèse



LABORATOIRE de MÉCANIQUE et GÉNIE CIVIL

Assia GASMI



Mardi 25 Juin à 10:00

Polytech – Amphi Serge Peytavin – Bâtiment 31
Place Eugène Bataillon
34090 Montpellier

« Effet de la nanostructuration sur le comportement thermomécanique du Nitinol »

Le jury est composé de :

Robert Peyroux, CR, Université de Grenoble Alpes
Tarak Ben Zineb, Pr, Université de Lorraine
Delphine Reira, Pr, Université de Troyes
Frédéric Deschaux-Beaume, Pr, Université de Montpellier
Bertrand Wattrisse, Pr, Université de Montpellier
Laurent Waltz, MCF, Université de Montpellier
Jean Michel Muracciole, MCF, Université de Montpellier

Rapporteur
Rapporteur
Examinatrice
Examineur
Directeur
Co-encadrant
Co-encadrant

Résumé

Effet de la nanostructuration sur le comportement thermomécanique du Nitinol

La présente thèse s'intéresse à l'alliage à mémoire de forme NiTi, en se concentrant sur l'influence du procédé de nanostructuration superficielle SMAT sur son comportement thermomécanique. À travers quatre chapitres distincts, elle rappelle les principales caractéristiques des alliages à mémoire de forme (AMF), mettant en avant les propriétés exceptionnelles de l'alliage NiTi, et explorant le traitement de nanocristallisation superficielle (SMAT). La caractérisation microstructurale est ensuite approfondie, notamment en étudiant les effets du traitement thermique de recuit et du SMAT sur la transition de phase. Le troisième chapitre se concentre sur les méthodes d'analyse thermomécanique adaptées au NiTi, en examinant les essais de traction et de nanoindentation. Enfin, le quatrième chapitre analyse la caractérisation thermomécanique de l'alliage avant et après le traitement SMAT, mettant en évidence les implications de ces transformations sur son comportement global.

La thèse contribue à la compréhension des effets du procédé SMAT sur l'alliage NiTi, révélant des liens entre la microstructure, les phases présentes et les propriétés mécaniques. Les résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour la meilleure maîtrise des propriétés de l'alliage NiTi.

Les résultats obtenus pour différents traitements SMAT montrent que ce procédé modifie la réponse mécanique du matériau. Elle a aussi une influence sur son état initial, comme l'illustrent les différences dans les courbes de DSC. Les mesures cinématiques (champs de vitesses de déformation) et calorimétriques (champ de source de chaleur) indiquent aussi l'apparition de différences notables dans les réponses en fonction des paramètres de traitement SMAT. L'exploration du comportement lors de cycles de charge/décharge montre une réponse qui se stabilise après quelques cycles. Les effets de couplage semblent être prépondérants par rapport aux effets dissipatifs. Ces observations devraient être étendues à des chargements en fatigue afin de mieux mettre en évidence les éventuels effets dissipatifs. De même, l'utilisation de modèles d'interprétation plus élaborés permettrait de mieux tenir compte des effets de structure et d'enrichir la compréhension de la relation entre le procédé et les évolutions des propriétés.

Abstract

Nanostructuring effect on the thermomechanical behavior of Nitinol

This thesis focuses on the shape memory alloy NiTi, with a specific emphasis on the influence of the surface nanostructuring process SMAT on its thermomechanical behavior. Through four distinct chapters, it revisits the main characteristics of shape memory alloys (SMAs), highlighting the exceptional properties of the NiTi alloy and exploring the surface nanocrystallization treatment (SMAT). Microstructural characterization is then deeply investigated, particularly by studying the effects of annealing heat treatment and SMAT on phase transition. The third chapter focuses on thermomechanical analysis methods suitable for NiTi, examining tensile tests and nanoindentation. Finally, the fourth chapter analyzes the thermomechanical characterization of the alloy before and after SMAT treatment, highlighting the implications of these transformations on its overall behavior.

This thesis contributes to understanding the effects of the SMAT process on the NiTi alloy, revealing links between microstructure, present phases, and mechanical properties. The results offer promising perspectives for better control of the properties of the NiTi alloy.

The results obtained for different SMAT treatments show that this process modifies the mechanical response of the material. It also has an influence on its initial state, as illustrated by differences in DSC curves. Kinematic (strain rate fields) and calorimetric (heat source field) measurements also indicate notable differences in responses depending on SMAT processing parameters. Exploration of behavior during load/unload cycles shows a response that stabilizes after a few cycles. Coupling effects seem to be predominant compared to dissipative effects. These observations should be extended to fatigue loading to better highlight any dissipative effects. Similarly, the use of more elaborate interpretation models would allow better consideration of structural effects and enrich the understanding of the relationship between the process and property evolutions.

Keywords : NiTi, nanostructuring, thermomechanical, SMA, SMAT, annealing, microstructure, tensile tests, nanoindentation